

09.09.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 30 SEP 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 8月 8日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-206961  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-206961]

出願人 シャープ株式会社  
Applicant(s): コニカミノルタホールディングス株式会社  
独立行政法人産業技術総合研究所

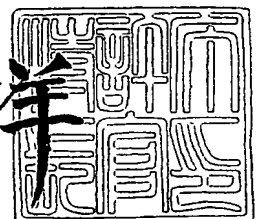
PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川

洋



【書類名】 特許願

【整理番号】 03J02696

【提出日】 平成15年 8月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/14  
B41J 2/06

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 西尾 茂

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市さくら町一番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内

【氏名】 岩下 広信

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市さくら町一番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内

【氏名】 山本 和典

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

【氏名】 村田 和広

【特許出願人】

【持分】 035/100

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

## 【特許出願人】

【持分】 020/100  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 1 - 6 - 1 丸の内センタービル  
ディング  
【氏名又は名称】 コニカミノルタホールディングス株式会社

## 【特許出願人】

【持分】 045/100  
【識別番号】 301021533  
【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

## 【代理人】

【識別番号】 100080034  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 原 謙三  
【電話番号】 06-6351-4384

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100113701  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 木島 隆一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100116241  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 金子 一郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229  
【納付金額】 11,550円

【その他】 国等以外の全ての者の持分の割合 0 5 5 / 1 0 0

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電吸引型流体吐出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、

上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に

、  
上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル外壁部分を導電性材料でコーティングすることによって形成されていることを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 2】

上記電極部は、ノズル内壁の少なくとも一部を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載の静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 3】

電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、

上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に

、  
ノズル先端部が導電性材料で形成されており、導電性材料で形成された上記ノズル先端部が吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部を兼用していることを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 4】

ノズル内部に圧力を付与する圧力付与手段を備えていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 の何れかに記載の静電吸引型流体吐出装置。

【請求項 5】

電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔

から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、

上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が  $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$  であると共に

、

上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、

ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を  $\theta$ 、テーパ長を  $L$ 、ノズル径を  $d$  とし、かつ、 $L/d > 5$  となる場合、テーパ角  $\theta$  が  $21^\circ$  以上に設定されていることを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

#### 【請求項 6】

電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、

上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が  $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$  であると共に

、

上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、

ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を  $\theta$ 、テーパ長を  $L$ 、ノズル径を  $d$  とし、かつ、 $L/d < 100$  となる場合、テーパ角  $\theta$  が、

$$\theta > 58 \times d / L$$

となるように設定されていることを特徴とする静電吸引型流体吐出装置。

#### 【請求項 7】

上記電極部はノズル内部に挿入配置された棒状電極であり、その先端がテーパ部の内壁面と接する位置まで挿入されていることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の静電吸引型流体吐出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、インク等の導電性流体を帯電させて静電吸引することで、対象物上

に流体を吐出する静電吸引型流体吐出装置に関するものである。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般に、インク等の流体を対象物（記録媒体）上に吐出する流体ジェット方式にはインクジェットプリンタとして実用化されているピエゾやサーマルなどの方式があるが、その他の方式として、吐出する流体を導電性流体とし、導電性流体に電界を印加してノズルから吐出させる静電吸引方式がある。

#### 【0003】

このような静電吸引方式の流体吐出装置（以下、静電吸引型流体吐出装置と称する）としては、例えば特許文献1および特許文献2において開示がある。

#### 【0004】

また、特許文献4には、ノズルをスリットとして、ノズルより突出した針電極を設け微粒子を含むインクを吐出するインクジェット装置が開示されている。例えば特許文献3には、ノズルより内部に電圧印加用の電極を設けたインクジェット装置が開示されている。

#### 【0005】

ここで、従来の静電吸引型流体吐出装置における流体吐出モデルを説明する。

#### 【0006】

静電吸引型流体吐出装置とりわけオンデマンド型の静電吸引型流体吐出装置の設計要因としては、インク液体の導電性（例えば比抵抗  $10^6 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ）、表面張力（例えば  $0.020 \sim 0.040 \text{ N/m}$ ）、粘度（例えば  $0.011 \sim 0.015 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ）、印加電圧（電場）がある。そして、印加電圧としては、ノズルに印加する電圧、およびノズルと対向電極間との距離が特に重要とされていた。

#### 【0007】

静電吸引型流体吐出装置においては、電気流体的な不安定性を利用しており、図15にこの様子を示す。一様電界の中に導電性流体を静置すると、導電性流体の表面に作用する静電力が表面を不安定にし、曳き糸の成長を促す（静電曳き糸現象）。この時の電場は、ノズルと、ノズルと  $h$  だけ距離を隔てて対向する対向

電極との間に電圧  $V$  を印加したときに発生する電場  $E_0$  とする。この時の成長波長  $\lambda_c$  は物理的に導くことが可能であり（例えば、非特許文献 1）、次式で表される。

【0008】

【数 1】

$$\lambda_c = \frac{2\pi\gamma}{\epsilon_0} E_0^{-2} \quad \dots(1)$$

【0009】

ここで、 $\gamma$ ：表面張力（N/m）、 $\epsilon_0$ ：真空の誘電率（F/m）、 $E_0$ ：電界の強さ（V/m）である。ノズル径  $d$ （m）が、 $\lambda_c$  よりも小さい場合、成長は起こらない。すなわち、

【0010】

【数 2】

$$d > \frac{\lambda_c}{2} = \frac{\pi\gamma}{\epsilon_0 E_0^2} \quad \dots(2)$$

【0011】

が、吐出のための条件となっていた。

【0012】

ここで、 $E_0$  は平行平板を仮定した場合の電界強度（V/m）で、ノズル—対向電極間距離を  $h$ （m）、ノズルに印加する電圧を  $V_0$  として、

【0013】

【数 3】

$$E_0 = \frac{V_0}{h} \quad \dots(3)$$

【0014】

したがって、

【0015】

【数 4】

$$d > \frac{\pi \gamma h^2}{\epsilon_0 V_0^2} \quad \dots (4)$$

【0016】

となる。

【0017】

【特許文献 1】

特公昭 36-13768 号公報（公告日昭和 36 年 8 月 18 日）

【0018】

【特許文献 2】

特開 2001-88306 号公報（公開日平成 13 年 4 月 3 日）

【0019】

【特許文献 3】

特開平 8-238774 号公報（公開日平成 8 年 9 月 17 日）

【0020】

【特許文献 4】

特開 2000-127410 号公報（公開日平成 12 年 5 月 9 日）

【0021】

【非特許文献 1】

画像電子情報学会，第 17 巻，第 4 号，1988 年，p.185-193

【0022】

【発明が解決しようとする課題】

流体吐出装置では、一般的により微細なドット形成やライン形成を可能とするために、インクを吐出するノズルの径を小さくしたいといった要望がある。

【0023】

しかしながら、現在実用化されているピエゾ方式やサーマル方式などの流体吐出装置では、ノズル径を小さくして、例えば 1 p l を下回るような微小量の流体の吐出は困難である。これは、流体を吐出するノズルが微細になるほど吐出に必要な圧力が大きくなるためである。

## 【0024】

また、上述のような流体吐出装置では、液滴の微細化と高精度化は相反する課題であり、両方を同時に実現するのは困難であった。これは以下の理由による。

## 【0025】

ノズルから吐出された液滴に付与される運動エネルギーは、液滴半径の3乗に比例する。このため、ノズルを微細化した場合に吐出される微細液滴は、吐出時の空気抵抗に耐えるほどの十分な運動エネルギーを確保できず、空気滞留などによる攪乱を受け、正確な着弾を期待できない。さらに、液滴が微細になるほど、表面張力の効果が増すため、液滴の蒸気圧が高くなり蒸発量が激しくなる。このため、微細液滴は飛翔中に著しい質量の消失を招き、着弾時に液滴の形態を保つことすら難しいという問題があった。

## 【0026】

またさらに、上述した従来の静電吸引型流体吐出装置における流体吐出モデルに基づくと、上記(2)式より、ノズル径の減少は吐出に必要な電界強度の増加を要請することとなる。そして、電界強度は、上記(3)式に示すように、ノズルに印加する電圧(駆動電圧)  $V_0$  とノズル-対向電極間距離  $h$  とによって決まるため、ノズル径の減少は駆動電圧の上昇を招来する。

## 【0027】

ここで、従来の静電吸引型流体吐出装置における駆動電圧は、1000V以上と非常に高いため、各ノズル間でのリークや干渉化を考慮すると小型化および高密度化は難しく、ノズル径をさらに小さくすると上記問題がより大きなものとなる。また、1000Vを越えるような高電圧のパワー半導体は一般的に高価で周波数応答性も低い。

## 【0028】

尚、上記特許文献1で開示されているノズル径は0.127mmであり、特許文献2で開示されているノズル径の範囲は50～2000  $\mu\text{m}$ 、より好ましくは100～1000  $\mu\text{m}$  といった範囲であった。

## 【0029】

ノズル径に関して、従来の静電吸引型流体吐出における典型的な動作条件を当

てはめて計算してみると、表面張力  $0.020 \text{ N/m}$ 、電界強度  $10^7 \text{ V/m}$  と  
して、上記(1)式に代入して計算すると、成長波長  $\lambda_c$  は約  $140 \mu\text{m}$  となる。  
すなわち、限界ノズル径として  $70 \mu\text{m}$  という値が得られる。すなわち、上記  
条件下では  $10^7 \text{ V/m}$  の強電界を用いてもノズル径が直径  $70 \mu\text{m}$  程度以下の  
場合は背圧を印加して強制的にメニスカス形成させるなどの処置をとらない限り、  
インクの成長は起こらず、静電吸引型流体吐出は成立しないと考えられていた。  
すなわち、微細ノズルと駆動電圧の低電圧化は両立しない課題と考えられていた。

### 【0030】

以上のように、従来の流体吐出装置では、ノズルの微細化と高精度化は相反する課題であり、両方を同時に実現することは困難であった。また、特に静電吸引型流体吐出装置では、ノズルの微細化と駆動電圧の低電圧化とは両立しない課題と考えられていた。

### 【0031】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、ノズルの微細化と微小流体の吐出及び着弾位置の高精度化、さらに、駆動電圧の低電圧化をすべて実現した静電吸引型流体吐出装置を提供することにある。

### 【0032】

#### 【課題を解決するための手段】

本発明の静電吸引型流体吐出装置は、上記の課題を解決するために、電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が  $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$  であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル外壁部分を導電性材料でコーティングすることによって形成されていることを特徴としている。

### 【0033】

上記の構成によれば、ノズルの流体噴出孔径（ノズル径）を  $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$  の微細径とすることで、本願発明者らが提案する新たな吐出モデルにしたがつ

て、局所電界が発生し、微細ノズル化により吐出における駆動電圧の低下が可能となる。このような駆動電圧の低下は、装置の小型化およびノズルの高密度化において極めて有利となる。もちろん、駆動電圧を低下させることで、コストメリットの高い低電圧駆動ドライバの使用をも可能にする。

#### 【0034】

さらに、上記吐出モデルでは、吐出に必要な電界強度は、局所的な集中電界強度に依存することになるため、対向電極の存在が必須とならない。すなわち、対向電極を要せずに絶縁性基板などに対しても印字を行うことが可能となり、装置構成の自由度が増す。また、厚い絶縁体に対しても印字を行うことが可能となる。

#### 【0035】

また、上述のような微細ノズル化は、流体流路内部に駆動電極を配置する場合、該駆動電極をノズル孔に近づけることが構造上困難となる。この場合、流体吐出ヘッド内部における駆動電極からノズル先端までの吐出流体流路内の電気抵抗値が増大し、その結果、吐出応答性が低下するといった問題がある。

#### 【0036】

これに対し、上記静電吸引型流体吐出装置では、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル外壁部分を導電性材料でコーティングすることによって形成されているため、電極部とノズル孔との距離をできるだけ短くするようなヘッド構成を実現することが容易となる。つまり、電極部の位置をノズル孔に近づけることにより、吐出可能な駆動周波数を向上できると共に、吐出可能な材料の選択の幅を高抵抗側へ広げることができる。

#### 【0037】

また、上記静電吸引型流体吐出装置では、上記電極部は、ノズル内壁の少なくとも一部を形成している構成とすることが好ましい。

#### 【0038】

上記の構成によれば、上記電極部がノズル内壁の少なくとも一部を形成していることで、吐出が行われていない状態であっても、該電極部がノズル内の吐出流体と接触している状態となる。このため、上記電極部に駆動電圧を印加した際、

吐出流体への電荷供給が速やかに行われ、吐出応答性が向上する。

#### 【0039】

また、本発明の他の静電吸引型流体吐出装置は、上記の課題を解決するために、電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、ノズル先端部が導電性材料で形成されており、導電性材料で形成された上記ノズル先端部が吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部を兼用していることを特徴としている。

#### 【0040】

上記の構成によれば、ノズル先端部自体が導電性材料で形成されており、該先端部を電極部としてノズル内の吐出流体に電荷供給できるため、初期吐出に寄与するノズル孔近傍の吐出流体に対して電荷供給できるだけでなく、ノズル孔から少し離れた箇所が存在する流体流路内部の吐出流体に対しても同時に電荷供給することができる。このため、吐出応答性が向上し、且つ連続吐出時の電荷の追従性、つまり、連続吐出安定性が向上する。

#### 【0041】

また、上記静電吸引型流体吐出装置は、ノズル内部に圧力を付与する圧力付与手段を備えている構成とすることができる。

#### 【0042】

上記の構成によれば、上記圧力付与手段によりノズル内の吐出流体は導出圧力を付与されてノズル孔から外部に導出された状態に保つことができるため、流体吐出の動作時において、電極部に駆動電圧を印加すると同時に、該電極部より電荷供給を受けることができ、安定した吐出を実現することができる。

#### 【0043】

また、本発明のさらに他の静電吸引型流体吐出装置は、上記の課題を解決するために、電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表

面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を $\theta$ 、テーパ長を $L$ 、ノズル径を $d$ とし、かつ、 $L/d > 5$ となる場合、テーパ角 $\theta$ が $21^\circ$ 以上に設定されていることを特徴としている。

#### 【0044】

上記の構成によれば、ノズル先端部の内壁面にテーパ部を形成し、そのテーパ角を $21^\circ$ 以上に設定することで、電極部がノズル内部に配置される場合に、電極部とノズル孔との間の電気抵抗を大幅に抑制することができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能とする。

#### 【0045】

また、本発明のさらに他の静電吸引型流体吐出装置は、上記の課題を解決するために、電圧印加により帯電された吐出流体を、流体吐出ヘッドのノズルの流体噴出孔から静電吸引によって吐出させ基板に着弾させることによって、該基板表面に吐出流体による描画パターンを形成する静電吸引型流体吐出装置において、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を $\theta$ 、テーパ長を $L$ 、ノズル径を $d$ とし、かつ、 $L/d < 100$ となる場合、テーパ角 $\theta$ が、

$$\theta > 58 \times d/L$$

となるように設定されていることを特徴としている。

#### 【0046】

上記の構成によれば、ノズル先端部の内壁面にテーパ部を形成し、そのテーパ角を $\theta > 58 \times d/L$ となるように設定することで、電極部がノズル内部に配置される場合に、電極部とノズル孔との間の電気抵抗を大幅に抑制することができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能とする。

。

## 【0047】

また、上記静電吸引型流体吐出装置では、上記電極部はノズル内部に挿入配置された棒状電極であり、その先端がテーパ部の内壁面と接する位置まで挿入されている構成とすることができる。

## 【0048】

上記の構成によれば、電極部が可能な限りノズル孔側に接近させられることにより、電極部とノズル孔との間の吐出流体流路の電気抵抗を小さくすることができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出流体の高抵抗側への選択性向上を可能にする。

## 【0049】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1ないし図14に基づいて説明すれば、以下の通りである。

## 【0050】

本実施の形態に係る静電吸引型流体吐出装置は、そのノズル径を $0.01\mu\text{m}$ ～ $25\mu\text{m}$ としており、なおかつ、 $1000\text{V}$ 以下の駆動電圧にて吐出流体の吐出制御を可能としている。

## 【0051】

ここで、従来の流体吐出モデルにおいては、ノズル径の減少は駆動電圧の上昇に繋がるため、 $50\sim70\mu\text{m}$ 以下のノズル径では、吐出流体に背圧を与えるなどの他の工夫を行わない限り、 $1000\text{V}$ 以下の駆動電圧での流体吐出は不可能と考えられていた。しかしながら、本願発明者らは鋭意検討の結果、あるノズル径以下では、従来の流体吐出モデルとは異なる吐出モデルでの吐出現象が起こることを突き止めた。本発明は、この流体吐出モデルにおける新たな知見に基づいてなされたものである。

## 【0052】

まずは、本願発明者他によって発見された流体吐出モデルについて説明する。

## 【0053】

直径 $d$ （以下の説明においては、特に断らない限りノズルの内径を指す）のノ

ズルに導電性流体を注入し、無限平板導体から  $h$  の高さに垂直に位置させたと仮定する。この様子を図 2 に示す。このとき、ノズル先端に誘起される電荷  $Q$  は、ノズル先端の吐出流体によって形成される半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【0054】

【数 5】

$$Q = 2\pi\epsilon_0\alpha V_0 d \quad \dots (5)$$

【0055】

ここで、 $Q$ ：ノズルの先端部に誘起される電荷 (C)、 $\epsilon_0$ ：真空の誘電率 (F/m)、 $d$ ：ノズルの直径 (m)、 $V_0$ ：ノズルに印加する総電圧である。また、 $\alpha$  は、ノズル形状などに依存する比例定数であり、1～1.5 程度の値を取るが、特に  $D \ll h$  ( $h$ ：ノズル-基板間距離 (m)) の時はほぼ 1 となる。

【0056】

また、基板として導電基板を用いた場合、ノズルと対向して基板内の対称位置に、上記電荷  $Q$  と反対の極性を持つ鏡像電荷  $Q'$  が誘導されると考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位置に同様に電荷  $Q$  と逆極性の映像電荷  $Q'$  が誘導される。

【0057】

ノズル先端部における集中電界強度  $E_{loc}$  は、先端部の曲率半径を  $R$  と仮定すると、

【0058】

【数 6】

$$E_{loc} = \frac{V_0}{kR} \quad \dots (6)$$

【0059】

で与えられる。ここで、 $k$  は、ノズル形状などに依存する比例定数であり、1.5～8.5 程度の値を取るが、多くの場合 5 程度と考えられる (P.J. Birdseye and D.A. Smith, Surface Science, 23(1970), p.198-210)。また、ここでは、

流体吐出モデルを簡単にするため、 $R = d/2$ と仮定する。これは、ノズル先端部において表面張力によって導電性インクがノズル径  $d$  と同じ曲率径を持つ半球形状に盛り上がっている状態に相当する。

【0060】

ノズル先端の吐出流体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力  $P_e$  は、ノズル先端部の液面積を  $S$  とすると、

【0061】

【数7】

$$P_e = \frac{Q}{S} E_{\text{loc}} = \frac{2Q}{\pi d^2} E_{\text{loc}} \quad \dots (7)$$

【0062】

となる。(5) ~ (7) 式より、 $\alpha = 1$  とおいて、

【0063】

【数8】

$$P_e = \frac{4\epsilon_0 V_0}{d} \cdot \frac{2V_0}{kd} = \frac{8\epsilon_0 V_0^2}{kd^2} \quad \dots (8)$$

【0064】

と表される。

【0065】

一方、ノズル先端部における吐出流体の表面張力を  $P_s$  とすると、

【0066】

【数9】

$$P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad \dots (9)$$

【0067】

となる。ここで、 $\gamma$  : 表面張力である。静電的な力により吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回ることなので、

【0068】

【数 1 0】

$$P_e > P_s \quad \dots(10)$$

【0 0 6 9】

となる。

【0 0 7 0】

図 3 に、ある直径  $d$  のノズルを与えた時の、表面張力による圧力と静電的な圧力との関係を示す。吐出流体の表面張力としては、吐出流体が水 ( $\gamma = 72 \text{ mN/m}$ ) の場合を仮定している。ノズルに印加する電圧を  $700 \text{ V}$  とした場合、ノズル直径  $d$  が  $25 \mu\text{m}$  において静電的な圧力が表面張力を上回ることが示唆される。このことより、 $V_0$  と  $d$  との関係を求めると、

【0 0 7 1】

【数 1 1】

$$V_0 > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad \dots(11)$$

【0 0 7 2】

が吐出の最低電圧を与える。

【0 0 7 3】

また、その時の吐出圧力  $\Delta P$  は、

【0 0 7 4】

【数 1 2】

$$\Delta P = P_e - P_s \quad \dots(12)$$

【0 0 7 5】

より、

【0 0 7 6】

【数 1 3】

$$\Delta P = \frac{8\epsilon_0 V_0^2}{k d^2} - \frac{4\gamma}{d} \quad \dots(13)$$

【0 0 7 7】

となる。

## 【0078】

ある直径  $d$  のノズルに対し、局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合の吐出圧力  $\Delta P$  の依存性を図 4 に、また、吐出臨界電圧（すなわち吐出の生じる最低電圧） $V_c$  の依存性を図 5 に示す。

## 【0079】

図 4 から、局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合（ $V_0 = 700\text{ V}$ ， $\gamma = 72\text{ mN/m}$  と仮定した場合）のノズル直径の上限が  $25\text{ }\mu\text{m}$  であることが分かる。

## 【0080】

図 5 の計算では、吐出流体として水（ $\gamma = 72\text{ mN/m}$ ）及び有機溶剤（ $\gamma = 20\text{ mN/m}$ ）を想定し、 $k = 5$  の条件を仮定した。この図より、微細ノズルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出臨界電圧  $V_c$  はノズル径の減少に伴い低下することが明らかであり、吐出流体が水の場合においてノズル直径が  $25\text{ }\mu\text{m}$  の場合、吐出臨界電圧  $V_c$  は  $700\text{ V}$  程度であることが分かる。

## 【0081】

従来の吐出モデルにおける電界の考え方、すなわちノズルに印加する電圧  $V_0$  とノズル-対向電極間距離  $h$  とによって定義される電界のみを考慮した場合では、ノズル径が微小になるに従い、吐出に必要な駆動電圧は増加する。

## 【0082】

これに対し、本願発明者らが提案する新たな吐出モデルのように、局所電界強度に注目すれば、微細ノズル化により吐出における駆動電圧の低下が可能となる。このような駆動電圧の低下は、装置の小型化およびノズルの高密度化において極めて有利となる。もちろん、駆動電圧を低下させることで、コストメリットの高い低電圧駆動ドライバの使用をも可能にする。

## 【0083】

さらに、上記吐出モデルでは、吐出に必要な電界強度は、局所的な集中電界強度に依存することになるため、対向電極の存在が必須とならない。すなわち、従来の吐出モデルでは、ノズル-基板間に電界を印加するため、絶縁体の基板に対してはノズルと反対側に対向電極を配置するか、あるいは基板を導電性とする必

要があった。そして、対向電極を配置する場合、すなわち基板が絶縁体の場合では、使用できる基板の厚さに限界があった。

#### 【0084】

これに対し、本発明の吐出モデルでは、対向電極を要せずに絶縁性基板などに対しても印字を行うことが可能となり、装置構成の自由度が増す。また、厚い絶縁体に対しても印字を行うことが可能となる。

#### 【0085】

以上のように、本実施の形態に係る静電吸引型流体吐出装置では、局所電界強度に着目して新たに提案された吐出モデルに基づいているため、ノズル径  $0.01\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$  の微細ノズルとすることが可能であり、かつ、 $1000\text{ V}$  以下の駆動電圧にて吐出流体の吐出制御を行うことができる。尚、上記モデルに基づいて考察を行った結果、直径  $25\ \mu\text{m}$  以下のノズルの場合は  $700\text{ V}$  以下の駆動電圧で、直径  $10\ \mu\text{m}$  以下のノズルの場合は  $500\text{ V}$  以下の駆動電圧で、直径  $1\ \mu\text{m}$  以下のノズルの場合は  $300\text{ V}$  以下の駆動電圧で吐出制御が可能である。

#### 【0086】

図6に、吐出臨界電圧  $V_c$  のノズル径依存性を実験的に求めた結果を示す。ここでは、吐出流体として、ハリマ化成（株）製の銀ナノペーストを用い、ノズル-基板間距離  $100\ \mu\text{m}$  の条件で測定を行った。図6より、微細ノズルになるにしたがって、吐出臨界電圧  $V_c$  が低下し、従来より低電圧で吐出が可能となっていることが分かる。

#### 【0087】

本実施の形態に係る静電吸引型流体吐出装置では、上述したように、ノズル径および駆動電圧を共に小さくすることが可能であるが、この場合、従来の静電吸引型流体吐出装置に比べ、以下のような問題が顕著に発生する。

#### 【0088】

上述のような静電吸引型流体吐出装置の場合、その吐出特性は、基本的に、流体吐出ヘッド内部における駆動電極からノズル先端までの吐出流体流路内の電気抵抗値に依存して決定するものであり、その電気抵抗値が低い程、吐出応答性が向上する。つまり、吐出流体流路内の電気抵抗値を下げることで、駆動周波数を

向上することができ、さらには、より高抵抗な吐出流体材料の吐出が可能となり、吐出流体材料の選択の幅を広げることができる。

#### 【0089】

上記電気抵抗値を低くするためには、駆動電極－ノズル先端部間の距離の短縮、或いは、流体吐出ヘッド内部の流体流路における断面積の拡大が効果的である。

#### 【0090】

しかしながら、本実施の形態に係る静電吸引型流体吐出装置のように、ノズル径を  $0.01\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$  と微細化した流体吐出ヘッドでは、そのノズル径が小さくなるに伴い、流体流路内部の駆動電極をノズル孔に近づけること、具体的には、ノズル近傍にまでインク流路内壁面に電極をコートしたり、電極線を挿入することが構造上困難となる。

#### 【0091】

そこで、本実施の形態に係る静電吸引型流体吐出装置では、ノズル外壁部分を導電性材料でコーティングし、ノズル先端部において駆動電圧を印加する、すなわちノズル先端部において吐出流体に電荷を与えることで、微細ノズルを有する流体吐出ヘッドの吐出特性を向上させるものである。このような静電吸引型流体吐出装置について、以下の実施の形態 1～5 に説明する。

#### 【0092】

##### 〔実施の形態 1〕

実施の形態 1 に係る静電吸引型流体吐出装置における流体吐出ヘッドのノズル構成を図 1 に示す。

#### 【0093】

図 1 に示す流体吐出ヘッドのノズルは、先の尖ったノズル部 10、その外壁部に設置された電極部 20、ノズル部 10 内に設けられた流体流路 30、さらにその流体流路 30 の端部、すなわちノズル先端に設けられたノズル孔 40 により構成されている。また、電極部 20 には駆動電圧を印加するための電源 50 が接続されている。

#### 【0094】

ノズル部 10 は絶縁材料であれば良く、特に成形性の高いガラス等が好ましく、ガラス管に熱および引張り力を加えて変形させることにより容易に内径  $1\ \mu\text{m}$  程度のノズル孔を作製することが可能である。

#### 【0095】

電極部 20 に関しては導電材料であれば良く、特にノズル部 10 に対して密着性の高い、低抵抗材料が好ましい。電極部 20 は、一般的な真空蒸着法、スパッタリング、めっき等で容易に作製することができる。また、図 1 における電極部 20 は、ノズル孔 40 の内壁の少なくとも一部を形成しているものであり、吐出が行われていない状態であっても、ノズル内の吐出流体と接触している状態となっている。

#### 【0096】

但し、電極部 20 の形成時には、該電極部 20 を形成する材料によってノズル孔 40 が塞がれる可能性があるため、電極部 20 作製時のノズルの設置方向等に工夫が必要となる。また、ノズル孔 40 が必然的に塞がる条件下では、電極部 20 の形成後にレーザ等による穴あけ加工にノズル孔 40 を形成することが必要となる。

#### 【0097】

次に、上記ノズル構成を有する流体吐出ヘッドの流体吐出メカニズムを説明する。電源 50 より所望の駆動電圧を電極部 20 に印加すると、ノズル先端部において電極部 20 と接触している吐出流体に電荷供給が行われる。そして、ノズル先端部の吐出流体における電荷蓄積によって電界強度が増し、この電界強度が吐出に必要な電界強度に達した瞬間に吐出が開始される。

#### 【0098】

吐出流体が電極部 20 から電荷を供給され始めてから吐出が開始されるまでの吐出応答時間は、電極部 20 とノズル孔 40 との距離に大きく依存し、図 1 に示すように、ノズル孔 40 と電極部 20 とが一致するような構成の場合、最も早い吐出応答時間を得ることができる。

#### 【0099】

実際に、流体流路 30 内部に電極を挿入した場合と、外壁に電極コートによっ

て電極を形成した場合との吐出限界周波数の比較を以下の表 1 示す。このようにノズル孔が  $\phi 1.2 \mu\text{m}$  と小さい場合、内部に電極を挿入しても挿入電極径とノズル孔径の差が大きいためノズル孔と電極間の距離が  $680 \mu\text{m}$  と大きくなる。一方、ノズル外壁を導電コートして電極を形成すると、ノズル孔近傍まで電極部を近づけることができる。このため、ノズル外壁に電極を形成することで吐出応答性が大きくなり、吐出限界周波数は電極を内部挿入する場合に比べて 30 倍も高くすることができる。

## 【0100】

【表 1】

	流路内部に電極挿入	外壁を導電コート
吐出限界周波数	83Hz	2.5kHz

ノズル孔  $\phi 1.2 \mu\text{m}$   
挿入電極径  $\phi 50 \mu\text{m}$

## 【0101】

また、電極－ノズル孔間距離と吐出流体として使用可能な材料の導電率との関係を図 7 に示す。このように、電極－ノズル孔間距離と吐出材料の導電率とは基本的にリニアな関係にあるため、高抵抗材料を吐出させるためには、電極位置をノズル孔に近づける必要があることがわかる。

## 【0102】

以上のように、本実施の形態 1 に係る静電吸引型流体吐出装置の構成では、ノズル外壁部を導電性材料でコートして電極部 20 を形成することにより、流体流路内部に電極部を形成する場合と比較して、電極部 20 とノズル孔 40 との距離をできるだけ短くするようなヘッド構成を実現することが容易となる。つまり、電極部 20 の位置をノズル孔 40 に近づけることにより、吐出可能な駆動周波数を向上できると共に、吐出可能な材料の選択の幅を高抵抗側へ広げることができる。

## 【0103】

尚、上記説明では、流体流路 30 内の吐出流体は、吐出が行われていない状態でも電極部 20 と接触しており、所望の駆動電圧を電極部 20 に印加することで

吐出流体に電荷供給が行われるとしている。しかしながら、実際には、吐出流体がノズル孔 40 よりも流体流路 30 内側に引き込まれ、吐出流体と電極部 20 とが接触していない状態となっていることもありうる。

#### 【0104】

このような場合、電極部 20 に駆動電圧を印加しても吐出流体に対する電荷供給は直ぐには行われませんが、電極部 20 に駆動電圧を印加することで流体流路 30 内の吐出流体はエレクトロウェットिंग効果によりノズル孔 40 から外部に引き出されて電極部 20 と接触するため、吐出流体の吐出は可能となる。ここで、エレクトロウェットिंग効果とは、吐出流体に電界が作用することで、該吐出流体の濡れ性が向上するといった効果である。すなわち、エレクトロウェットिंग効果により吐出流体の濡れ性が向上すると、該吐出流体はノズル部 10 の無い壁面との接触面積を増加させるように移動し、ノズル孔 40 が沁み出す動作を示す。

#### 【0105】

また、本実施の形態では、先の尖ったノズル形状に関して述べたが、平らな面上にノズル孔が設けられた構成であっても良い。

#### 【0106】

また、図 1 の構成では、流体吐出ヘッドのノズル先端部において、電極部 20 がノズル孔 40 の内壁の少なくとも一部を形成しているおり、吐出が行われていない状態であっても、該電極部 20 がノズル内の吐出流体と接触している状態となっている。

#### 【0107】

しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、図 8 に示すように、電極部 20 がノズル孔 40 の内壁を形成していない構成であっても良い。この場合、吐出が行われていない状態（電極部 20 に駆動電圧を印加していない状態）では、電極部 20 がノズル内の吐出流体と接触しないが、電極部 20 に駆動電圧を印加することで流体流路 30 内の吐出流体がエレクトロウェットिंग効果によりノズル孔 40 から外部に染み出して電極部 20 と接触する（図 8 は、この状態を示している）。

**【0108】**

上記図8の構成では、電極部20がノズル孔40の内壁を形成しないため、電極部20の形成時に該電極部20を形成する材料によってノズル孔40が塞がれることがなく、電極部20の形成が容易になるといった利点がある。但し、図8の構成では、ノズル先端を先の尖った形状として、ノズル孔40との電極部20とが十分近接している必要はある。

**【0109】****〔実施の形態2〕**

実施の形態2に係る静電吸引型流体吐出装置における流体吐出ヘッドのノズル構成を図9に示す。本実施の形態2については、上記実施の形態1と同じ部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。実施の形態1においては、ノズル部10を形成する材料は絶縁材料であったが、本実施の形態2ではノズル部を導電性材料としている。

**【0110】**

すなわち、図9に示すノズル構成ではノズル部10'が電極部を兼用しており、該ノズル部10'に電源50が接続されている。ノズル部10'を形成する導電性材料としては、アルミニウム、ニッケル、銅、シリコン等の金属材料の他に、導電性高分子材料も使用可能である。また、ノズル部10'の先端にノズル孔40を形成するための微小な穴開け加工方法としては、RIE(Reactive Ion Etching)やレーザ加工、光アシスト電解エッチング法等が適用可能である。

**【0111】**

次に、上記ノズル構成を有する流体吐出ヘッドの流体吐出メカニズムを説明する。上記ノズル構成では、電源50により所望の電圧をノズル部10'全体に印加することにより、初期吐出に寄与するノズル孔40近傍の吐出流体に対して電荷供給できるだけでなく、ノズル孔40から少し離れた箇所が存在する流体流路30内部の吐出流体に対しても同時に電荷供給することができる。このため、吐出応答性が向上し、且つ連続吐出時の電荷の追従性、つまり、連続吐出安定性が向上する。

**【0112】**

以上のように、本実施の形態 2 に係る静電吸引型流体吐出装置の構成では、ノズル先端部全体を導電性材料で形成することで、吐出応答性向上による駆動周波数の向上、吐出材料の選択性の向上を可能にすると共に、連続吐出安定性も向上させることができる。

#### 【0113】

##### 〔実施の形態 3〕

実施の形態 3 に係る静電吸引型流体吐出装置におけるの概略構成を図 10 に示す。本実施の形態 3 については、上記実施の形態 1 および 2 と同じ部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

#### 【0114】

本実施の形態 3 に係る構成の流体吐出ヘッドは、ノズル部 10 の吐出方向上流側に、ジョイント部 60 を介して圧力制御装置 70 に連結した圧力制御機構を備えている。

#### 【0115】

次に、上記流体吐出ヘッドの流体吐出メカニズムを説明する。流体流路 30 内の吐出流体には、流体吐出時でなくても圧力制御装置 70 により外圧が与えられており、この外圧により、吐出流体はノズル孔 40 の外部に導出された状態となっている。圧力制御装置 70 によるこの導出圧力は、ノズル孔径や吐出流体の粘度等により異なるが、例えばノズル孔 40 の径が  $\phi 1 \mu\text{m}$  の場合、 $0.3 \sim 0.6 \text{ MPa}$  の範囲内の圧力で吐出流体をノズル孔 40 外部に導出することが可能である。

#### 【0116】

上記導出圧力により、微小なノズル孔 40 を通過した吐出流体は電極部 20 と接触した状態となるため、流体吐出の動作時において、電極部 20 に電圧を印加すると同時に、該電極部 20 より電荷供給を受けることができ、ノズル先端部の電界力を受けて吐出が行われる。

#### 【0117】

以上のように、本実施の形態 3 に係る静電吸引型流体吐出装置の構成では、吐出部上流側から吐出流体に対して圧力を付与することで、該吐出流体をノズル孔

へ導出し電極部と接触した状態に保つことができ、安定した吐出を実現することができる。

#### 【0118】

尚、図10は、上記圧力制御装置70を、図1に示すノズル構成と組み合わせた場合を例示しているが、図8に示すノズル構成と組み合わせるものであっても良い。

#### 【0119】

##### 〔実施の形態4〕

実施の形態4に係る静電吸引型流体吐出装置における流体突出ヘッドの概略構成を図11に示す。

#### 【0120】

本実施の形態4では、静電吸引型流体吐出装置の流体突出ヘッドは、流体流路30内部に駆動電極部80を備えた構成となっており、ノズル部10の先端部において内部流路30のテーパ角 $\alpha$ を適切に設定することで、吐出限界周波数の向上及び、吐出材料の高抵抗側への選択性向上を図っている。

#### 【0121】

これまでの説明通り、静電吸引型流体吐出装置の場合、その吐出特性は駆動電極20とノズル孔40との間の流路30内に存在する吐出流体の電気抵抗に依存する。

#### 【0122】

ところで、流体流路30内部の電気抵抗を決定するパラメータとして、該流体流路30の流路長と断面積、及び吐出流体の導電率が挙げられるが、流路長と断面積とをテーパ角 $\theta$ という1つのパラメータとして考えた場合、テーパ角 $\theta$ と流体流路30内部の電気抵抗（抵抗比率）との関係は図12のようになる。図12における抵抗比率は、テーパ角 $\theta$ を $0^\circ$ とした場合のテーパ部での流体流路30内部の電気抵抗値に対する比率を示している。

#### 【0123】

図12では、テーパ長 $L$ とノズル径 $d$ と比である $L/d$ をパラメータとして、 $L/d=1, 5, 10, 100$ の場合のそれぞれについて、テーパ角と抵抗比率

との関係を示している。テーパ長  $L$  は、図 11 に示すように、ノズル部 10 におけるテーパ形成部の流体吐出方向に沿った長さを示す。

#### 【0124】

実際、ノズル径が  $25\mu$  以下の超微細ノズルを形成する場合、上記  $L/d$  の関係は 5 以上 100 以内であることが通常である。また、テーパ長  $L$  はノズル径  $d$  の大きさに関わらず、設計上の範囲がある程度決まっているため、上記  $L/d$  の値は、ノズル径が小さくなるほど大きくなり、ノズル径が大きくなるほど小さくなる傾向がある。

#### 【0125】

図 12 より、 $L/d$  がどの値であっても、テーパ角  $\theta$  が大きくなるに従って、抵抗比率が小さくなっていることが分かる。そして、テーパ角  $\theta$  を  $21^\circ$  以上にする事で、 $L/d$  が 5 以上の場合に抵抗比率 20% 以下にすることができる。

#### 【0126】

以上のように、本実施の形態 4 に係る静電吸引型流体吐出装置の構成では、ノズル部 10 の内壁テーパ角  $\theta$  を  $21^\circ$  以上にする事により、電極部 80 とノズル孔 40 との間の電気抵抗を大幅に抑制することができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能とする。

#### 【0127】

また、抵抗比率が 30% となる場合の、テーパ長—ノズル径比  $L/d$  とテーパ角  $\theta$  との関係を図 13 に示す。図 13 より、抵抗比率が 30% となる条件では、

$$\theta = 58 / (L/d)$$

の関係が成立していることが分かる。これより、30% 以下の抵抗比率を得るためには、

$$\theta > 58 \times d / L$$

の関係を満たせばよいことが分かる。

#### 【0128】

##### 〔実施の形態 5〕

実施の形態 5 に係る静電吸引型流体吐出装置における流体突出ヘッドの概略構成を図 14 に示す。本実施の形態 5 については、上記実施の形態 1 ないし 4 と同

じ部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

【0129】

本実施の形態5に係る静電吸引型流体吐出装置では、ノズル部10内の流体流路30に棒状電極である電極部90を挿入し、さらに、電極部90がテーパ内壁面に3点以上接するように配置されている。この構成では、電極部90が可能な限りノズル孔40側に接近させられることにより、電極部90とノズル孔40との間の吐出流体流路の電気抵抗を小さくすることができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出流体の高抵抗側への選択性向上を可能にする。

【0130】

尚、このように電極部90が可能な限りノズル孔40に接近して配置される場合、電極部90の断面形状がテーパ内壁の断面形状と完全に一致しないことが必要である。

【0131】

【発明の効果】

本発明の静電吸引型流体吐出装置は、以上のように、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル外壁部分を導電性材料でコーティングすることによって形成されている構成である。

【0132】

それゆえ、上記吐出流体に駆動電圧を印加する電極部が、ノズル外壁部分に形成されているため、電極部とノズル孔との距離をできるだけ短くするようなヘッド構成を実現することが容易となる。つまり、電極部の位置をノズル孔に近づけることにより、吐出可能な駆動周波数を向上できると共に、吐出可能な材料の選択の幅を高抵抗側へ広げることができるといった効果を奏する。

【0133】

また、上記静電吸引型流体吐出装置では、上記電極部は、ノズル内壁の少なくとも一部を形成している構成とすることが好ましい。

【0134】

それゆえ、吐出が行われていない状態であっても、該電極部がノズル内の吐出

流体と接触している状態となり、上記電極部に駆動電圧を印加した際、吐出流体への電荷供給が速やかに行われ、吐出応答性が向上するといった効果を奏する。

#### 【0135】

また、本発明の他の静電吸引型流体吐出装置は、以上のように、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、ノズル先端部が導電性材料で形成されており、導電性材料で形成された上記ノズル先端部が吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部を兼用している構成である。

#### 【0136】

それゆえ、初期吐出に寄与するノズル孔近傍の吐出流体に対して電荷供給だけでなく、ノズル孔から少し離れた箇所に存在する流体流路内部の吐出流体に対しても同時に電荷供給することができる。このため、吐出応答性が向上し、且つ連続吐出時の電荷の追従性、つまり、連続吐出安定性が向上するといった効果を奏する。

#### 【0137】

また、上記静電吸引型流体吐出装置は、ノズル内部に圧力を付与する圧力付与手段を備えている構成とすることができる。

#### 【0138】

それゆえ、上記圧力付与手段によりノズル内の吐出流体は導出圧力を付与されてノズル孔から外部に導出された状態に保たれ、流体吐出の動作時において、電極部に駆動電圧を印加すると同時に、該電極部より電荷供給を受けることができ、安定した吐出を実現することができるといった効果を奏する。

#### 【0139】

また、本発明のさらに他の静電吸引型流体吐出装置は、以上のように、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を $\theta$ 、テーパ長を $L$ 、ノズル径を $d$ とし、かつ、 $L/d > 5$ となる場合、テーパ角 $\theta$ が $21^\circ$ 以上に設定されている構成である。

## 【0140】

それゆえ、電極部がノズル内部に配置される場合に、電極部とノズル孔との間の電気抵抗を大幅に抑制することができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能とするといった効果を奏する。

## 【0141】

また、本発明のさらに他の静電吸引型流体吐出装置は、以上のように、上記ノズルの流体噴出孔は、そのノズル径が $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ であると共に、上記吐出流体に電荷を与え帯電させるための駆動電圧を印加する電極部が、ノズル内部に配置されており、ノズル先端部の内壁面がテーパ部を有しており、そのテーパ角を $\theta$ 、テーパ長を $L$ 、ノズル径を $d$ とし、かつ、 $L/d < 100$ となる場合、テーパ角 $\theta$ が、

$$\theta > 58 \times d / L$$

となるように設定されている構成である。

## 【0142】

それゆえ、電極部がノズル内部に配置される場合に、電極部とノズル孔との間の電気抵抗を大幅に抑制することができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能とするといった効果を奏する。

## 【0143】

また、上記静電吸引型流体吐出装置では、上記電極部はノズル内部に挿入配置された棒状電極であり、その先端がテーパ部の内壁面と接する位置まで挿入されている構成とすることができる。

## 【0144】

それゆえ、電極部が可能な限りノズル孔側に接近させられることにより、電極部とノズル孔との間の吐出流体流路の電気抵抗を小さくすることができ、吐出限界周波数の向上、及び吐出流体の高抵抗側への選択性向上を可能にするといった効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の一実施形態を示すものであり、実施の形態1に係る静電吸引型流体吐

出装置の流体吐出ヘッドのノズル構成を示す断面図である。

【図 2】

本発明の基本となる吐出モデルにおいて、ノズルの電界強度の計算を説明するための図である。

【図 3】

表面張力圧力および静電的圧力のノズル径依存性のモデル計算結果を示すグラフである。

【図 4】

吐出圧力のノズル径依存性のモデル計算結果を示すグラフである。

【図 5】

吐出限界電圧のノズル径依存性のモデル計算結果を示すグラフである。

【図 6】

吐出開始電圧のノズル径依存性を実験的に求めた結果を示すグラフである。

【図 7】

静電吸引型流体吐出装置において、電極－ノズル孔間距離と吐出流体として使用可能な材料の導電率との関係を示すグラフである。

【図 8】

実施の形態 1 に係る静電吸引型流体吐出装置の流体吐出ヘッドにおけるノズル構成の変形例を示す断面図である。

【図 9】

本発明の他の実施形態を示すものであり、実施の形態 2 に係る静電吸引型流体吐出装置の流体吐出ヘッドのノズル構成を示す断面図である。

【図 10】

本発明の他の実施形態を示すものであり、実施の形態 3 に係る静電吸引型流体吐出装置の流体吐出ヘッドの構成を示す断面図である。

【図 11】

本発明の他の実施形態を示すものであり、実施の形態 4 に係る静電吸引型流体吐出装置の流体吐出ヘッドのノズル構成を示す断面図である。

【図 12】

実施の形態 4 に係る静電吸引型流体吐出装置において、テーパ角と抵抗比率との関係を示すグラフである。

【図 13】

実施の形態 4 に係る静電吸引型流体吐出装置において、テーパ長—ノズル径比  $L/d$  とテーパ角  $\theta$  との関係を示すグラフである。

【図 14】

本発明の他の実施形態を示すものであり、実施の形態 5 に係る静電吸引型流体吐出装置の流体吐出ヘッドのノズル構成を示す断面図である。

【図 15】

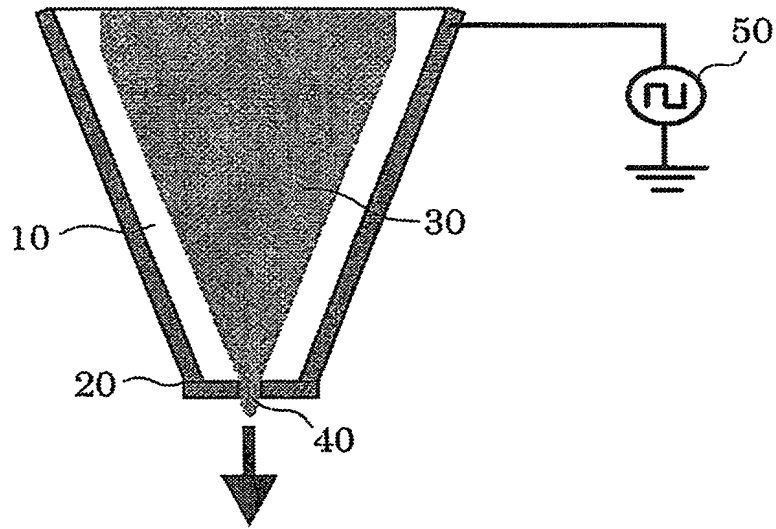
静電吸引型流体吐出装置における静電曳き糸現象による吐出流体の成長原理を示す図である。

【符号の説明】

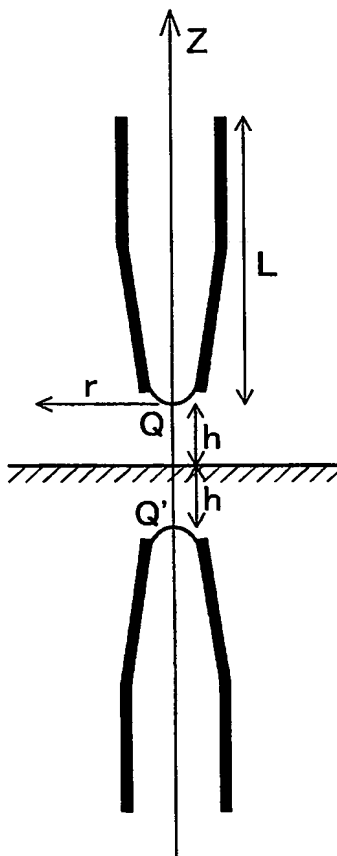
10	ノズル部
10'	ノズル部（ノズル先端部，電極部）
20, 20'	電極部
30	流体流路
40	ノズル孔
60	ジョイント部（圧力付与手段）
70	圧力制御装置（圧力付与手段）
80, 90	電極部

【書類名】 図面

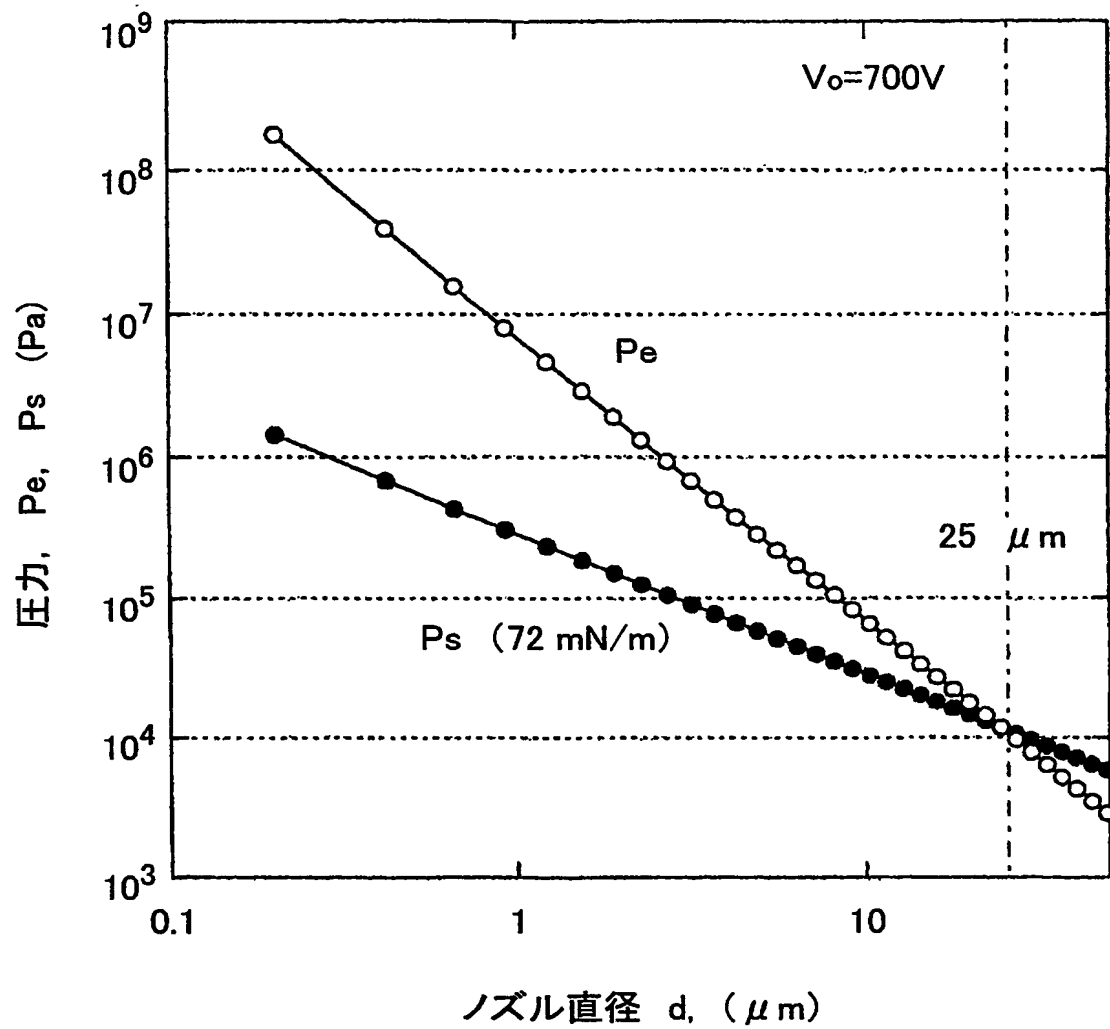
【図 1】



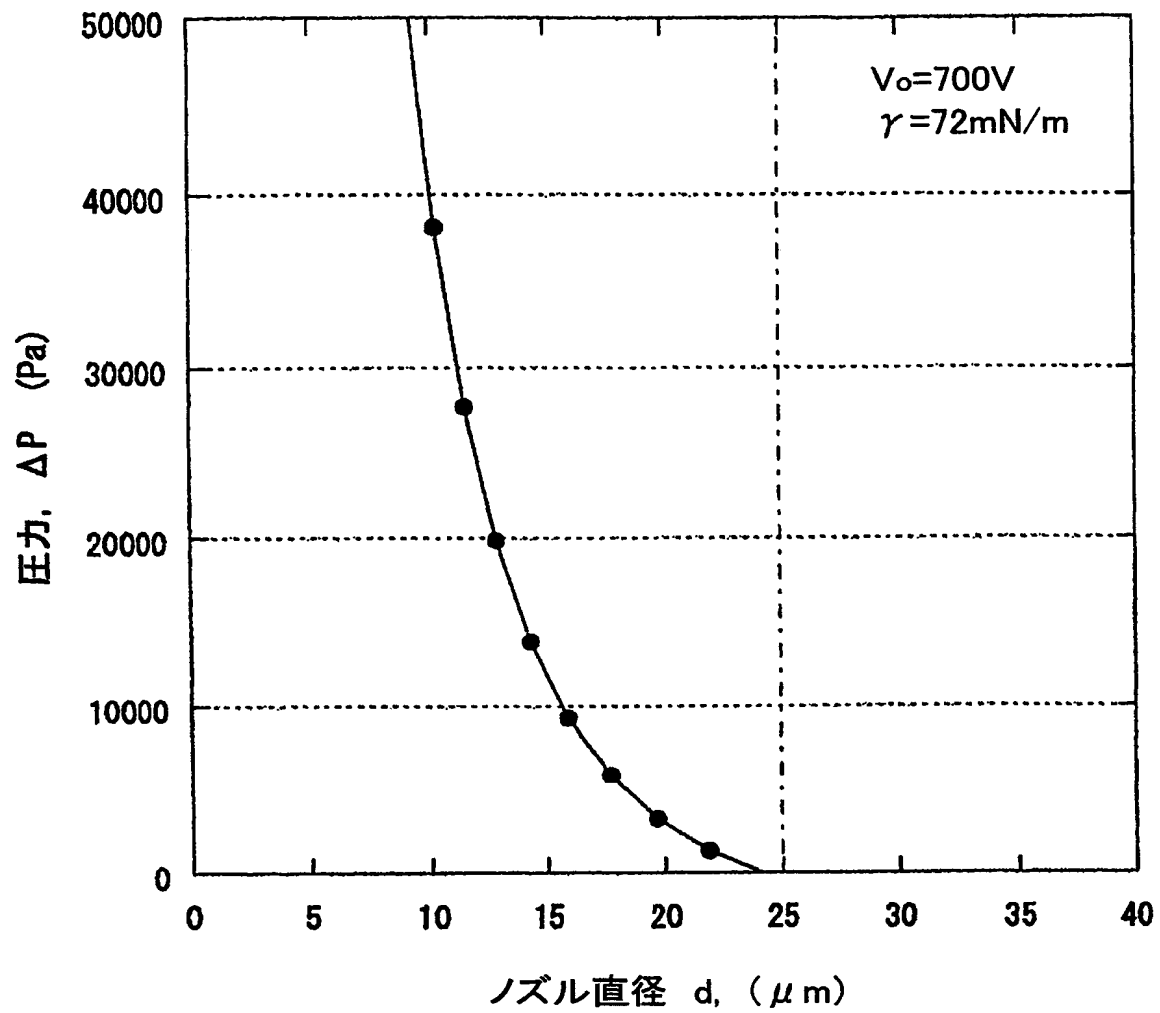
【図 2】



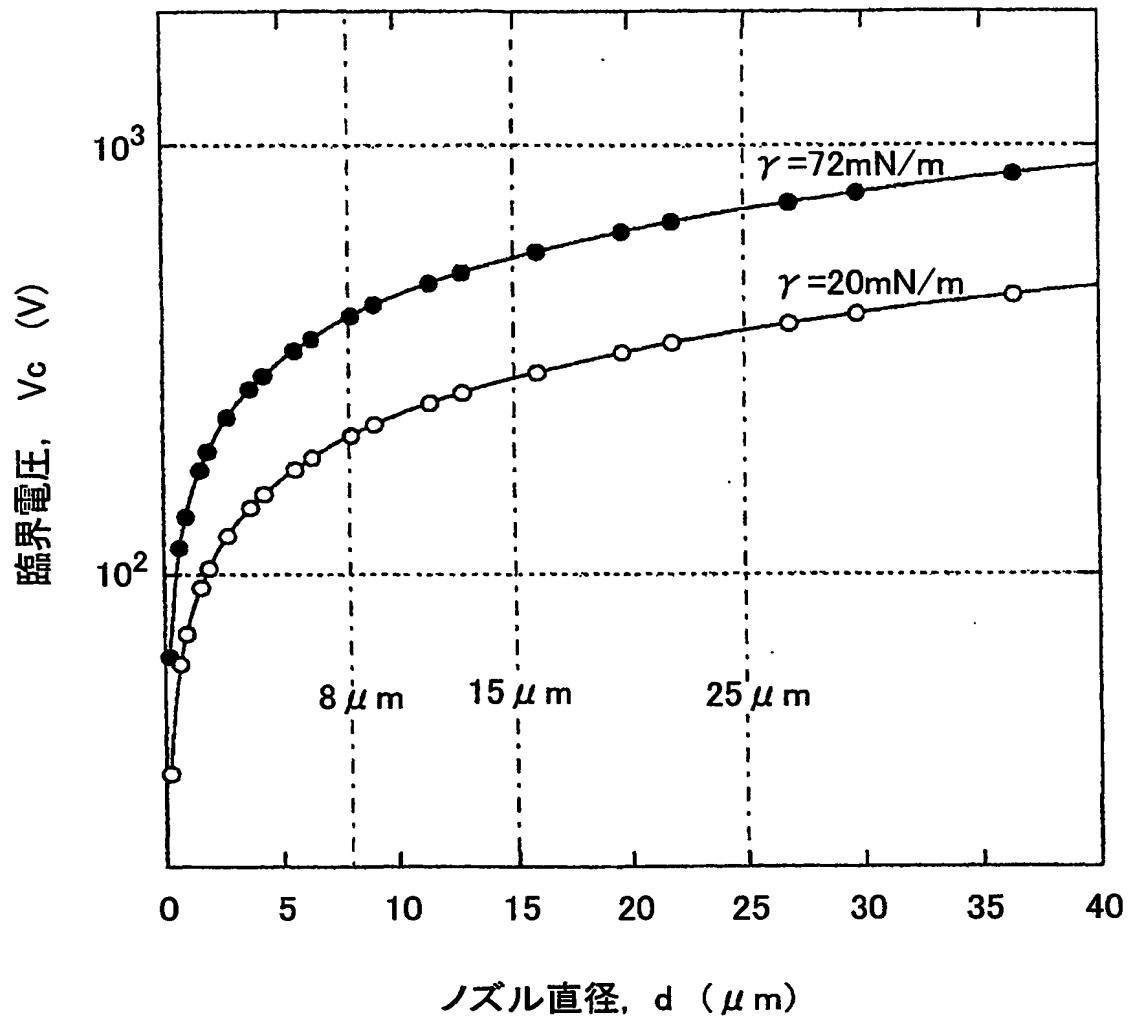
【図 3】



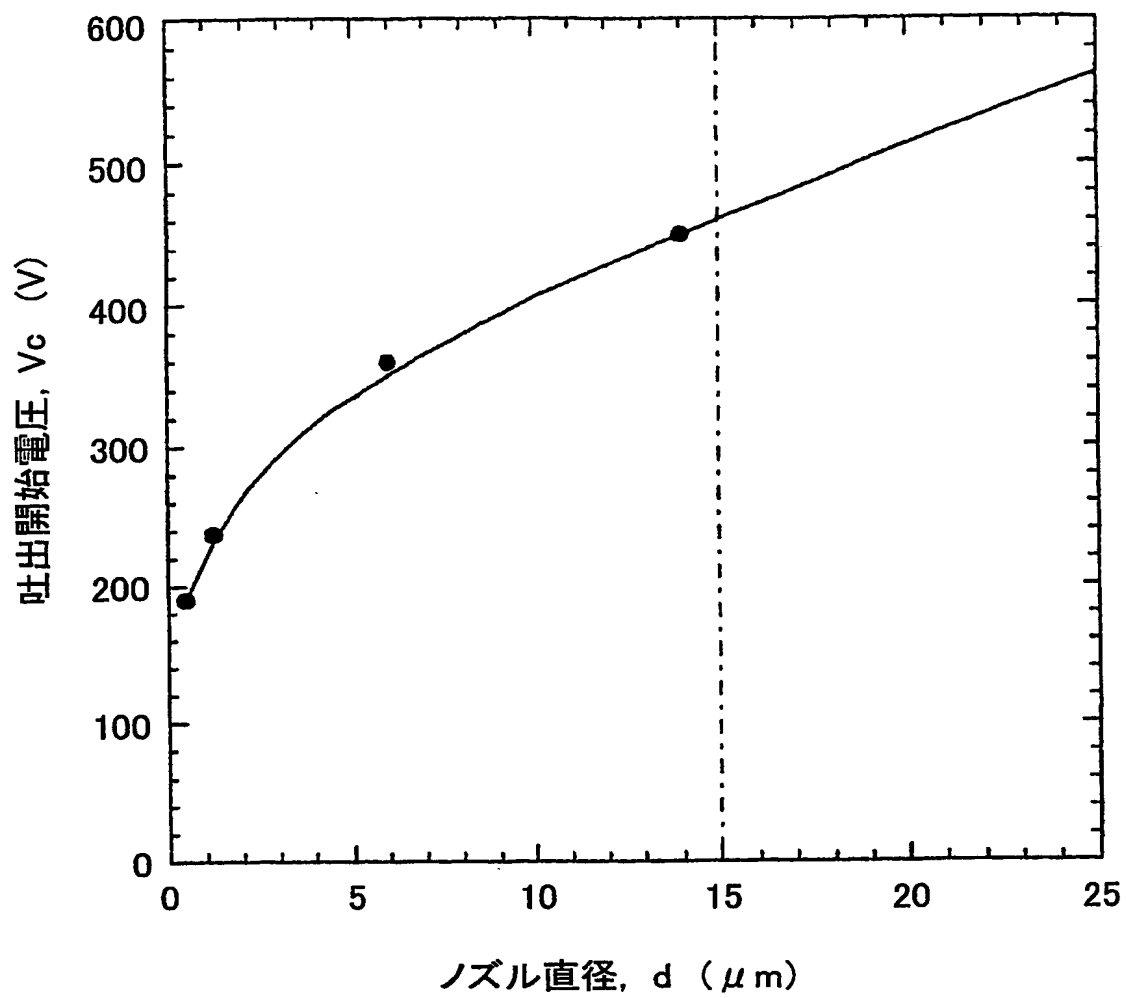
【図 4】



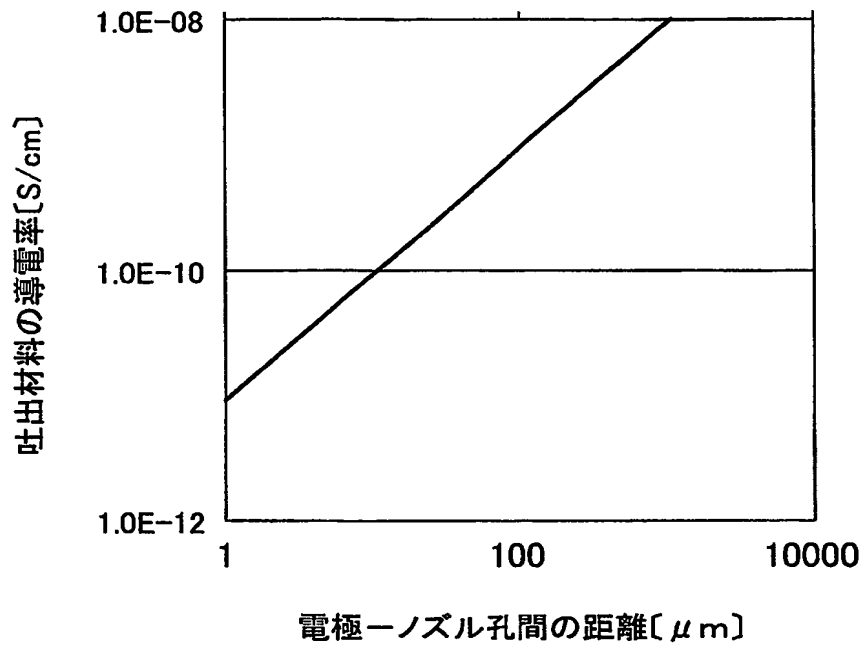
【図 5】



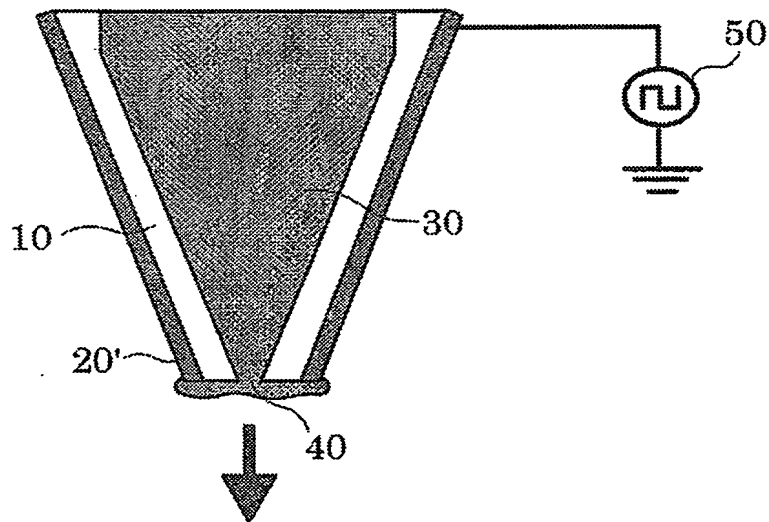
【図 6】



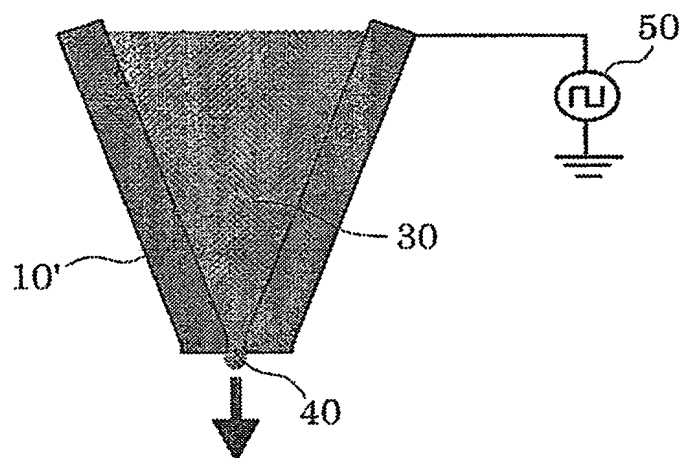
【図 7】



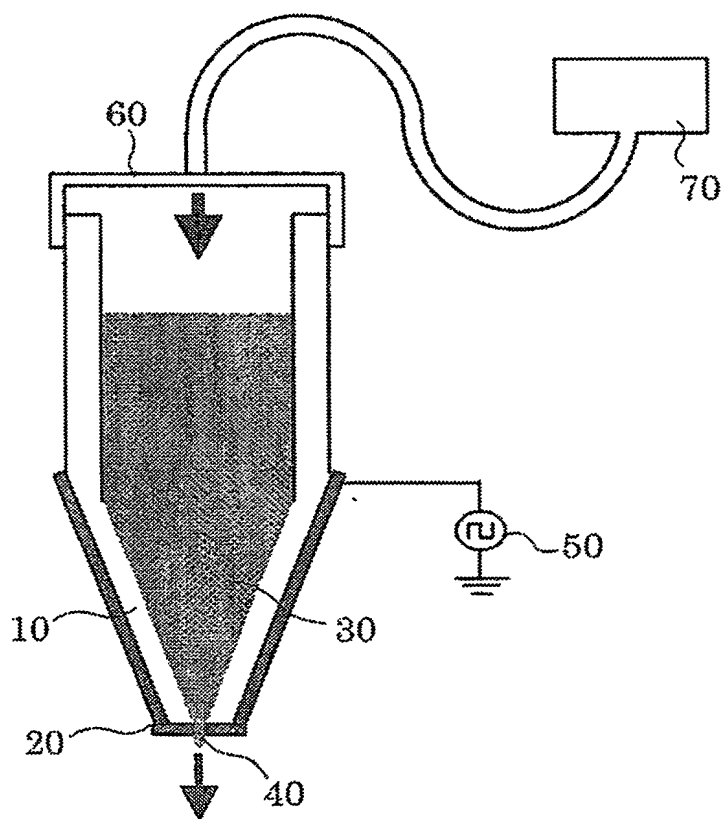
【図 8】



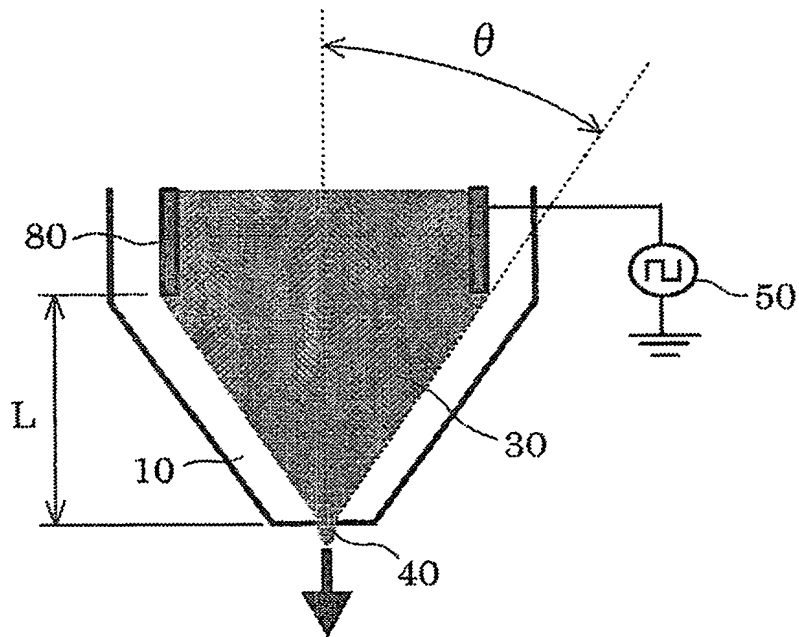
【図 9】



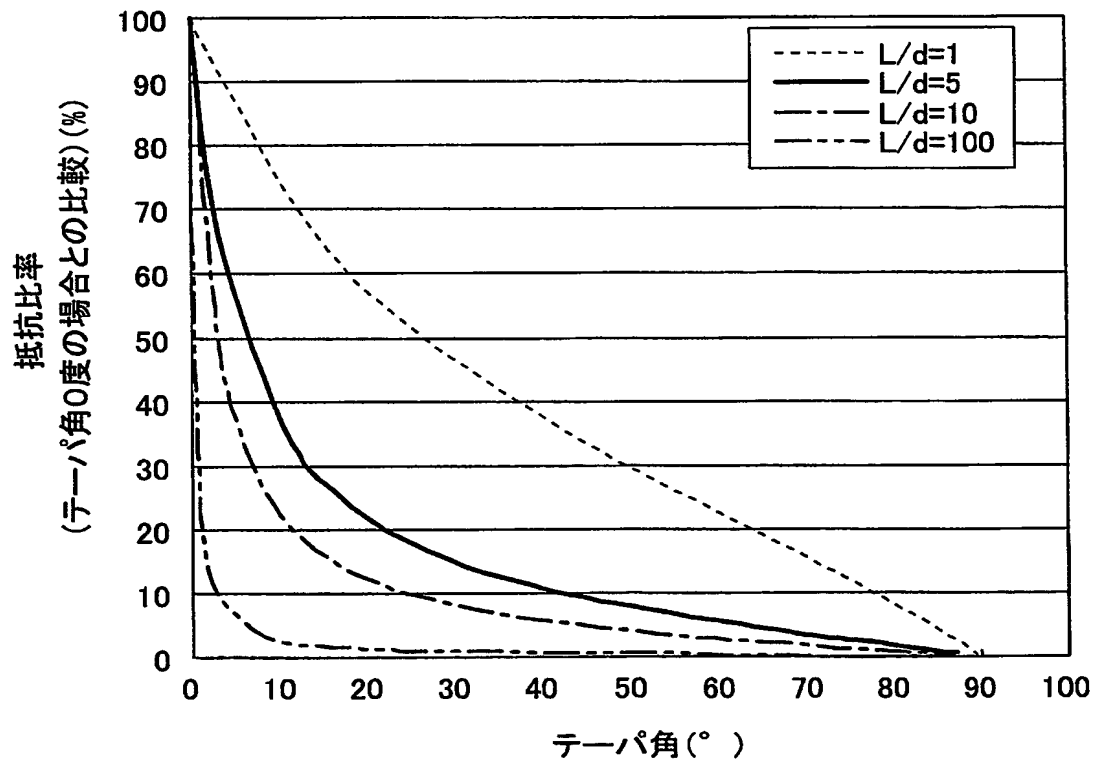
【図 10】



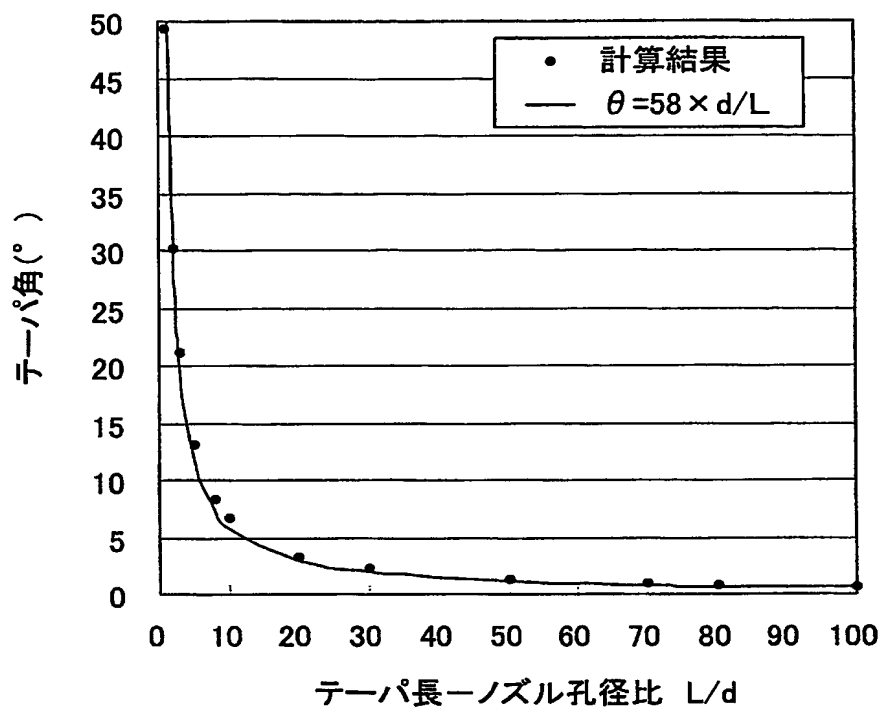
【図 1 1】



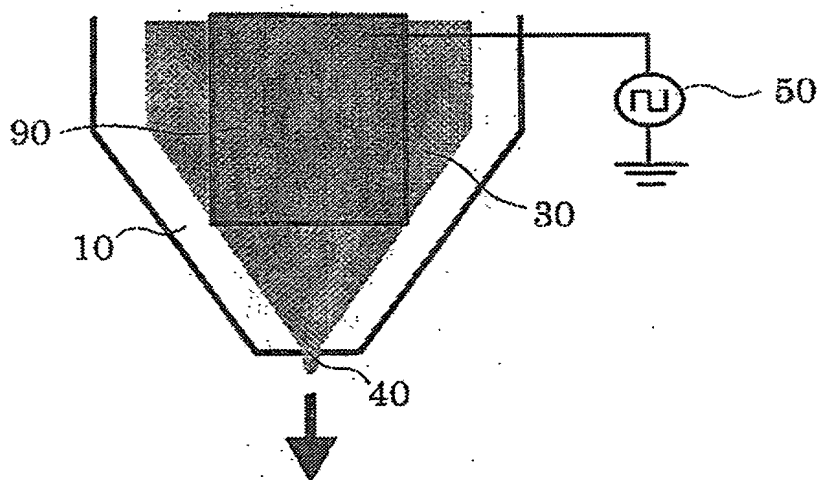
【図 1 2】



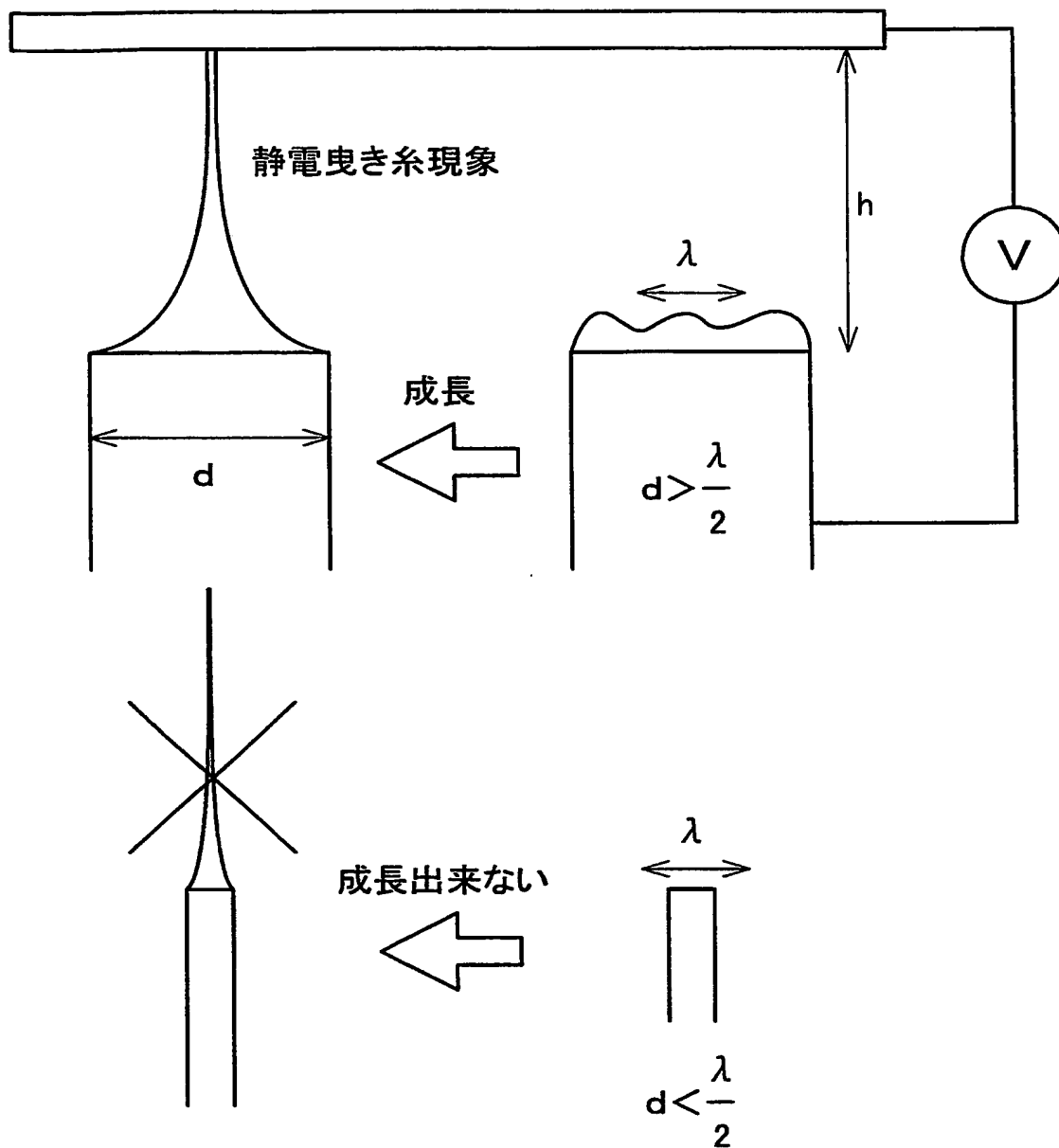
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 静電吸引型流体吐出装置において、ノズルの微細化と駆動電圧の低電圧化を両立すると共に、吐出限界周波数の向上及び、吐出材料の高抵抗側への選択性向上を可能にする。

【解決手段】 流体吐出ヘッドのノズル孔40における径を $0.01 \sim 25 \mu\text{m}$ の微細径とする場合、微細ノズル化により吐出における駆動電圧の低下が可能となる。さらに、吐出流体に対して、駆動電圧を印加するための電極部20をノズル部10の外壁面に形成することで、電極部20とノズル孔40との距離を短くする。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-206961
受付番号	50301325320
書類名	特許願
担当官	森吉 美智枝 7577
作成日	平成 15 年 11 月 11 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	301021533
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 1-3-1
【氏名又は名称】	独立行政法人産業技術総合研究所

## 【特許出願人】

【識別番号】	000005049
【住所又は居所】	大阪府大阪市阿倍野区長池町 22 番 22 号
【氏名又は名称】	シャープ株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】	000001270
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
【氏名又は名称】	コニカミノルタホールディングス株式会社

## 【代理人】

申請人	
【識別番号】	100080034
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	原 謙三

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100113701
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	木島 隆一

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100116241
【住所又は居所】	大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 原謙三国際特許事務所
【氏名又は名称】	金子 一郎

特願 2003-206961

出願人履歴情報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏名

シャープ株式会社

特願 2 0 0 3 - 2 0 6 9 6 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名 独立行政法人産業技術総合研究所

特願 2 0 0 3 - 2 0 6 9 6 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 2 7 0 ]

1. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 4 日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号  
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 2 1 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号  
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社